

**ЗАЛІЗНИЧНИЙ ТРАСПОРТ (273)**

---

УДК 656.075

**ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЗАПАСІВ РЕСУРСІВ У ЛОКОМОТИВНОМУ ДЕПО**

Д-р техн. наук О. С. Крашенінін, асп. Д. Е. Сулежко, магістрант Є. Ю. Кузьмін

**DETERMINATION OF OPTIMAL RESERVES OF RESOURCES IN A LOCOMOTIVE DEPARTMENT**

Dr. Sc. (Tech.) O. Krashenin, postgraduate student D. E. Sulezhko, master E. Y. Kuzmin

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.186.2019.186434>

---

*Поступовий перехід економіки на ринкові відносини передбачає впровадження логістичних принципів в усі гілки господарства. Необгрунтовані розміри запасів на підприємстві можуть спричиняти невиправдані витрати на його утримання або втрату якості. У статті аналізується зв'язок між розміром замовлення для поповнення запасів локомотивного депо і часом наступного замовлення з метою визначення його оптимального обсягу і часу виконання замовлення.*

**Ключові слова:** запас, розмір замовлення, час виконання замовлення.

*Stocks play both a positive and a negative role in the activities of the logistics system. The positive role is that they ensure the continuity of the processes of procurement, production and marketing of products, being a kind of buffer that smooths out unforeseen fluctuations in demand, violation of the timing of the supply of resources, increase the reliability of logistics management. The negative side of stocks is that significant financial resources are immobilized in them, which could be used by enterprises for other purposes, for example, investment in new technologies, market research, improving the economic performance of an enterprise, etc. In addition, large levels of stocks of finished goods impede the improvement of its quality, since the company is primarily interested in the sale of products before investment to improve its quality. The presence of significant reserves in the areas of procurement, production and marketing impedes the introduction of logistics as a concept of enterprise management, since they isolate the links of the logistics system, and, therefore, the individual stages of the logistics process from each other. Based on this, the problem arises of ensuring the continuity of logistics and technological processes at a minimum level of costs associated with the formation and management of various types of stocks in the logistics system. Transport stocks are created on all types of transport involved in the transportation of resources. In this regard, they are classified into reserves of railway, river, sea, road and air transport. The time spent by resources in transportation stocks includes the movement time of resources, which depends on the distance of transportation, type of transport, method of transportation; time for various shunting operations; loading and unloading operations when transferring cargo from one mode of transport to another. In market conditions, logistics systems and their constituent parts have to constantly adapt to the changing needs of customers. Based on this, the priorities of inventory management may change at one time or another. The inventory management model with a fixed order size can be applied if regular (daily) control of the inventory*

level in the warehouse is carried out and it is possible to order and receive resources at any time, and resource requirements can be established relatively accurately during the execution of the order.

**Keywords:** stock, order size, lead time.

**Вступ.** Від чіткої роботи локомотивного господарства залежить ефективна робота всієї інфраструктури залізниці. Отримуючи прибуток від надання послуг на перевезення, залізниця та її підрозділи мають компенсувати втрачені ресурси на підтримку і розвиток свого господарства [1].

Тому, коли господарювання є витратним, його ефективність погіршується за рахунок необґрунтованої кількості ресурсів, зокрема величини запасів сировини і запасних частин.

Клієнтів, що користуються транспортом, цікавить ціна, швидкість, комфорт при перевезенні, і залежно від їх співвідношень вони віддають перевагу відповідному транспорту.

Правильно організоване логістичне постачання дозволяє надати конкурентоспроможності відповідним видам транспорту для організації перевезень вантажів і пасажирів [2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У ряді закордонних досліджень [3-5] розглянуто завдання, що виникають при визначенні економічного розміру замовлення і величини страхового запасу.

У нашій країні традиційно при розрахунках величини запасів виділялися технологічний і страховий запаси. Але якщо технологічний запас більш-менш легко обчислити при відомих витратах часу на ремонт і поставку на збирання при стабільній програмі ремонту, то страховий запас визначався приблизно в розмірі 5-80 % фронту ремонту агрегатів [6]. Математичні методи для практики не дозволяють повністю оцінювати розміри страхових запасів через різні обставини. Остаточний розмір запасів визначався техніко-економічними розрахунками [7, 8].

**Визначення мети та завдання дослідження.** Метою статті є розгляд

питання залежності між економічним розміром замовлення і часом повторного замовлення на його поповнення, що, на відміну від інших методів, дозволяє визначити й управляти оптимальним розміром запасів.

**Основна частина дослідження.** Завдання, які виникають при визначенні економічного розміру замовлення і страхової надбавки, були досліджені декількома авторами, причому наявність зв'язку між цими двома величинами майже завжди залишалась непоміченою [9-11]. Розглянемо зв'язок між економічним розміром замовлення і точкою повторення замовлення та покажемо, що при заданих вихідних величинах існує єдиний економічний розмір замовлення і єдина точка повторення замовлення.

1. Постійні витрати в розрахунку на одне замовлення можна розрахувати, розділивши загальну суму адміністративних витрат, пов'язаних із закупівлями, на кількість замовлень. Відмінності у витратах на одне замовлення згладжуються і не мають суттєвого значення, якщо ці витрати однорідні. Інша можливість оцінювання суми постійних витрат на замовлення полягає в застосуванні хронометражу. Загальна сума постійних витрат на замовлення, імовірно, є нелінійною функцією від кількості розміщених замовлень.

2. Кількість закуповуваних одиниць при кожному повторенні замовлення варіює навколо своєї середньої відповідно до закону Пуассона. У розглянутій задачі використання розподілу Пуассона обумовлено двома припущеннями. По-перше, імовірність попиту на товари, матеріали або взагалі запасені об'єкти даного найменування в кожен момент часу не повинна відрізнятися від імовірності попиту за тим самим найменуванням у

будь-який інший момент часу. По-друге, імовірність попиту даного найменування протягом решти дня не повинна залежати від кількості одиниць вже пред'явленого попиту за минулу частину того самого дня або за його годину, або за будь-який інший день чи годину.

3. При визначенні економічного розміру замовлення і страхового запасу депо намагається мінімізувати загальну суму залежних від його рішення витрат.

4. Витратами, що змінюються в залежності від розміру замовлення, є:

а) річна сума постійних витрат на замовлення;

б) поточні витрати на утримання запасів;

в) очікувані втрати в результаті дефіциту.

5. До витрат, змінних залежно від точки повторення замовлення, належать:

а) поточні витрати на утримання запасів, що складають страховий запас;

б) очікувані втрати в результаті дефіциту.

6. Втрати, що виникають у зв'язку з дефіцитом, у розрахунку на дефіцитну одиницю запасу постійні. Це припущення можна змінити, але такі зміни призводять до великого ускладнення розрахунків.

Застосовуються такі позначення вихідних даних:

Y – річна сума постійних витрат на запас;

I – поточні витрати на утримання запасів у відсотках їхньої вартості;

C – вартість одиниці товарів в умовних одиницях;

П – втрати від дефіциту в розрахунку на дефіцитну одиницю в умовних одиницях;

S – постійні витрати по замовленню в умовних одиницях.

Для невідомих задач використовуються такі позначення:

Q – економічний розмір замовлення в умовних одиницях;

k – точка повторення замовлення у фізичних одиницях.

Загальна сума змінних витрат за рік складається з постійних витрат на замовлення, поточних витрат на утримання запасів і очікуваних втрат у результаті дефіциту. Щорічні постійні утримання по замовленнях дорівнюють утриманням на одне замовлення, помноженим на кількість замовлень на рік  $Y/Q$ . Щорічні поточні витрати з утримання запасів можна подати як добуток відсотків поточних обчислень I на середню наявність запасів  $[Q/2 + (k+u)C]$  в умовних одиницях. У цьому виразі u – середня кількість одиниць, на які є попит на проміжку відставання поставки від моменту замовлення. Таким чином, k-u являє собою середню кількість одиниць у страховому запасі, а (k-u)C – вартість цієї кількості. Очікувані втрати в результаті дефіциту дорівнюють добутку трьох величин: а) втрат, що виникають при дефіциті в розрахунку на дефіцитну одиницю; б) середньої кількості дефіцитних одиниць за один період поповнення запасів; в) кількості періодів поповнення запасів на рік. Кількість дефіцитних одиниць у розрахунку на один період поповнення виражається такою формулою:

$$\sum_{m=k+1}^{\infty} (m-k) \frac{e^{-u} u^m}{m!},$$

де m – фактична кількість одиниць, необхідних протягом періоду відставання поставки від моменту замовлення;

u – середня кількість одиниць, необхідних протягом періоду відставання поставки від моменту замовлення;

k – точка повторення замовлення.

Наведене вище рівняння можна спростити для обчислення:

$$\sum_{m=k+1}^{\infty} (m-k) \frac{e^{-u} u^m}{m!} = \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{m e^{-u} u^m}{m!} - k \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!} = u \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^{m-1}}{(m-1)!} - k \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!}$$

Поклавши  $p=m-1$ ,

$$\sum_{m=k+1}^{\infty} (m-k) \frac{e^{-u} u^m}{m!} = u \sum_{p=k}^{\infty} \frac{e^{-u} u^p}{p!} - k \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!}$$

Оскільки різниця між  $m$  і  $p$  має формальне значення, то

$$\sum_{m=k+1}^{\infty} (m-k) \frac{e^{-u} u^m}{m!} = u \sum_{m=k}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!} - k \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!} = u \frac{e^{-u} u^k}{k!} + (u-k) \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!}.$$

Останній вираз веде до простих обчислень, оскільки значення  $\frac{e^{-u} u^k}{k!}$  і  $\sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!}$  можна отримати з таблиць.

Вираз для загальної суми змінних витрат (TVC) можна отримати, підсумовуючи три доданки:

$$TVC = S \frac{Y}{Q} + 1 \left[ \frac{Q}{2} + (k-u)C \right] + \Pi \frac{Y}{Q} \left[ \frac{ue^{-u} u^k}{k!} + (u-k) \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!} \right].$$

Прирівнявши частинну похідну і кінцевий приріст відповідно по  $Q$  і  $k$  до

нуля і розв'язавши отримане рівняння з  $Q$ , отримаємо:

$$\frac{\partial TVC}{\partial Q} = -\frac{SY}{Q^2} + \frac{1}{2} - \frac{\Pi Y}{Q^2} \left[ \frac{ue^{-u} u^k}{k!} + (u-k) \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!} \right] = 0$$

$$Q_1 = \sqrt{\frac{2YS + 2\Pi Y \left[ \frac{ue^{-u} u^k}{k!} + (u+k) \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!} \right]}{I}}$$

$$\frac{\Delta TVC}{\Delta k} = IC + \Pi \frac{Y}{Q} \left[ \frac{ue^{-u} u^{k+1}}{(k+1)!} + (u-k-1) \sum_{m=k+2}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!} - \frac{ue^{-u} u^k}{k!} - (u-k) \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!} \right] = 0$$

Цей вираз можна спростити:

$$IC + \Pi \frac{Y}{Q} \left[ - \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!} \right] = 0;$$

$$Q_2 = \frac{Y\Pi}{IC} \sum_{m=k+1}^{\infty} \frac{e^{-u} u^m}{m!}.$$

Після підстановки вихідних даних при деяких значеннях  $k$  обидва вирази для  $Q$  набудуть одних і тих самих значень. Ці значення для  $Q$  і  $k$  є розв'язками спільних рівнянь. На практиці часто невідлення окремих екземплярів виключає можливість точного розв'язання. Тому правильно

встановлена точка повторення замовлення повинна відповідати такому значенню  $k$ , яке зближує знайдені значення  $Q$  тісніше, ніж будь-яке інше значення.

Для реалізації розв'язання цієї задачі можна використати алгоритм, структурна схема якого наведена на рисунку.

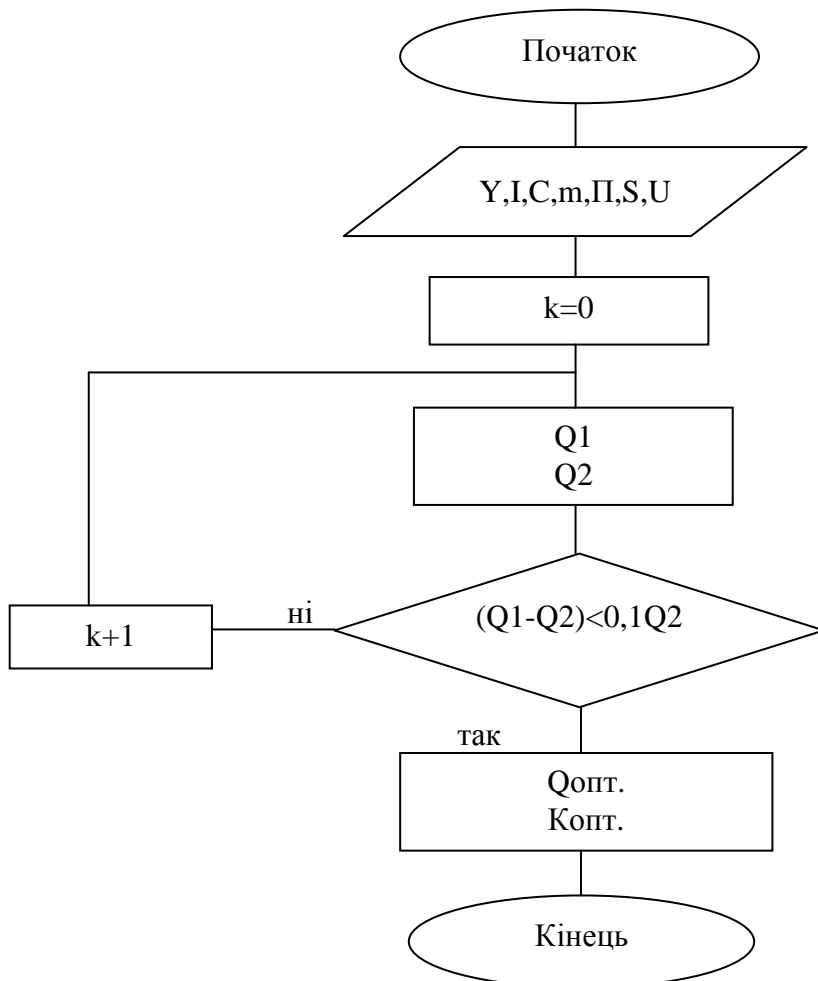


Рис. Структурна схема алгоритму визначення  $Q$  і  $k$

**Висновки.** Таким чином, показана точна форма взаємодії між економічним розміром замовлення і точкою повторення замовлення. Цей взаємозв'язок майже повністю ігнорувався в літературі з питань

регулювання запасів, яка розглядала ці величини як взаємозалежні. Помилки такого роду були найчастіше причиною відхилення теоретичних висновків від реальності.

### Список використаних джерел

1. Гаджинский А. М. Основы логистики. Москва: ИВЦ «Маркетинг», 1995. 214 с.
2. Бирман И. Я., Пугачев В. Ф., Волконский В. А. Оптимальный план отрасли. Москва: Экономика, 1970. 431 с.

3. Forster M. Review of The Use of GIS in the Marketing and Planning of Logistics Services. *Logistics Research Paper*. 2000. 128 p.
4. Speranza M. Trends in transportation and logistics. *European Journal of Operational Research*. 2018. 836 p.
5. Lomotko D., Alyoshinsky E., Zambrybor G. Methodological Aspect of the Logistics Technologies Formation in Reforming Processes on the Railways. *Transportation Research Procedia*. 2016. 131 p.
6. Паламарчук М. В., Крашенінін О. С., Кривошея Ю. В. Моделювання парку ТРС на перехідний період поступової його зміни. *Зб. наук. праць ДонІЗТ*. Донецьк: ДонІЗТ, 2009. С. 61-67.
7. Сытник В. Ф., Карагодова Е. А. Математические модели в планировании и управлении предприятием. Киев: Вища шк. Головное изд-во, 1985. 214 с.
8. Петраков Н. Я. Экономико-математические исследования затрат и результатов. Москва: Наука, 1976. 270 с.
9. Крашенінін О. С., Фалендиш А. П., Шапатіна О. О., Одегов М. М. Концепція розвитку і реструктуризації локомотивного депо. *Зб. наук. праць ДонІЗТ*. Донецьк: ДонІЗТ, 2011. С. 133-136.
10. Крашенінін О. С., Гринів Ю. В., Максимов М. В. Методика оцінки терміну виробництва нового ТРС для заміни експлуатованого ТРС, ресурс якого наблизився до граничного. *Зб. наук. праць Укр. держ. акад. залізнич. трансп.* Харків: УкрДАЗТ, 2012. С. 247-250.
11. Овчаров Л. А. Прикладные задачи теории массового обслуживания. Москва: Машиностроение, 1969. 324 с.

---

Крашенінін Олександр Семенович, д-р техн. наук, професор кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-19-99. E-mail: Alsem1512@gmail.com.

Сулежко Дмитро Едуардович, аспірант кафедри експлуатації та ремонту рухомого складу Українського державного університету залізничного транспорту. Тел.: (095) 414-31-91. E-mail: dmitriys1113@gmail.com.  
Кузьмін Єгор Юрійович, магістрант, група 1-6-Лм Українського державного університету залізничного транспорту.

Krashenin O Aleksandr, D. Sc. (Tech.), Professor, Department of Maintenance and Repair of Rolling Stock, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (057) 730-19-99. E-mail: Alsem1512@gmail.com.

Sulezhko Dmytro, Postgraduate Student, Department of Maintenance and Repair of Rolling Stock, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (095) 414-11-71. E-mail: dmitriys1113@gmail.com.

Kuzmin Egor, master, Group 1-6-Lm, Ukrainian State University of Railway Transport.

Статтю прийнято 03.09.2019 р.